الفصل الثاني

البيولوجيا والمعلوماتية

- **نظام التشفير المثالي**
- أكبر سعة وأعلى كثافة، وأسرع نسخ وأقل خطأ
- إنها معلومات كونية
- **الطاقة والمعلومات الكونية**
- مع قانونيّ الديناميكا الحرارية
- الطاقة في النظم البيولوجية
- **مع الطيور المهاجرة**
- أ) حسابات الطاقة الدقيقة
- ب) العمليات الملاحية الدقيقة
- المعلومات فارس الهجرة
- **القارئ الكريم**

تدب الحياة وتصرخ «أنا هنا» في كل أنحاء كوكبنا!!

في الأصقاع الشديدة في القطبين، في أتون الصحاري الاستوائية.

في فوهات البراكين الفوارة الملتهبة، وفي أعماق المحيطات.

في أواني الطهي ذات الضغط المرتفع، وداخل غرف العمليات الجراحية محكمة التعقيم.

في كل مكان يحاصرنا تنوع هائل في أشكال الحياة....

لقد كانت **الخلية البكتيرية الأولى**[1] التي تحركت في أحشاء كوكبنا منذ ثلاثة ونصف مليار سنة ذات تعقيد هائل، وتحوي أجهزة محكمة التنظيم والتواصل منذ ظهورها.

لقد كان التصور عن الخلية الحية الأولى أيام دارون بسيط للغاية، فقد كانوا يعتبرونها مجرد **قطرة من مادة لزجة!** لكن الأبحاث المستمرة أظهرت أن تعقيد أبسط الخلايا يفوق أكثر موجودات الكون تعقيدًا، كما أظهرت أن المادة في الخلية الحية تقوم بتحويل واختزان واستخدام **الطاقة** بكفاءة تفوق جميع النظم التي ابتكرها الإنسان.

وإذا كنا نستخدم **الكتلة والطاقة** الموجودتين في الطبيعة في بناء وتشغيل آلاتنا، فكلتاهما غير كافيتين لتفسير الفوارق بين ما هو حي وما هو غير حي، بل وغير كافيتين لتفسير انتقال الكائن من حالة الحياة إلى حالة الموت.

ثم بدأ الضباب في الانحسار، وبدأ السر الذي عالجناه في الفصل السابق في الانكشاف...

لقد توصل العلم إلى أن **كل الكائنات الحية تمتلك منظومة معلوماتية مشفرة في جيناتها،** توجه نشأتها وتنظم عملياتها الإنتاجية والتشغيلية، شاملة التكاثر والنمو والاغتذاء والتنفس والإخراج والحركة وعمليات الأيض وغيرها من العمليات الحيوية العديدة. وإذا كان

(1) للمعلومات البيولوجية عن الخلية الحية والشفرة الوراثية، ارجع إلى الفصل الأول من الباب.

الدنـا DNA الموجود في نـواة الخلية والعصيات السـبحية Mitochondria هو جزيئات مادية لاختزان المعلومات المسـئولة عن تنظيم عمل الخلية الحيـة، فإن **المهم ليس المكون المادي للدنا لكن المهم هو ما يحمله من معلومات.**

إن السؤال المحوري الذي يعنينا في هذا الفصل هو؛ هل يمكن اعتبار المعلومات التي يحملها الدنا بمثابة معلومات كونية، تنطبق عليها القوانين العلمية والاسـتنتاجات الخاصة بالمعلومات الكونية التي ناقشناها في الباب الثاني.

للإجابة عن هذا السـؤال، سـنقوم بمناقشة **نظام تشـفير منظومة الدنا - البروتين**[1] الذي يحمله جينوم الخلية الحية، لنرى إن كان هذا النظام نظام مثالي للتشفير، ثم ندرس إن كان ما يحملـه من معلومات يقع في نطاق المعلومات الكونية التي تحتاج لمصدر ذكي. وبعد مناقشـة «**الوظيفة البنائية**» لنظام الدنا - البروتين، ننتقل إلى مناقشـة جانبًا من «**الوظيفة التشـغيلية**» لهذا النظام من خلال دراسة ما يحتاج إليها من طاقة. ثم ندرس إحدى «**الوظائف السلوكية**» للدنا، وهي هجرة الطيور، لنخرج من الفصل بالإجابة عن السؤال عما إذا كانت معلومات **ظاهرة الحياة تمثل معلومات كونية تحتاج إلى مصدر فائق الذكاء.**

نظام التشفير المثالي

إذا أراد مهندس بارع أن **يبتكر نظامًا للتشـفير لبرنامج لصناعة البروتينات في مصنع للمواد الغذائية،** فما هي الشروط التي ينبغي أن يلتزم بها ليكون نظامه مثاليًا؟

(1) لم يسـتطع العلم حتى الآن أن يفك إلا جزءًا ضئيلاً من شـفرة المعلومات الجينية، لا يتجاوز 3 % من الجينوم الكلي، وهو الخاص بالتشـفير لبناء البروتينات، ونطلق عليه دنا التشـفير Codging DNA. ويُطلَق على بقية الجينوم (97 %) اسـم «دنا لايشـفر Non-Coding DNA، وكان يُعتقد أنه لا قيمة له، وأنه بقايا من جينومات الأسلاف التطوريين، فأطلقوا عليه اسـم الدنا المهمل Junk DNA. كذلك فإن اسـم الدنا الذي لا يشـفر تسـمية خاطئة، فقد ثبت أن هذا الدنا يتم نسـخة في الرنا RNA (مثله مثل دنا التشـفير) مما يعني أن له دورًا تشـفيريًا في منظومات أخرى غير منظومة بنـاء البروتينـات. كما ثبت أن له الدور الأكبر في تنظيم عمل الجينات،وهـي العملية التي تُعرف بمنظومة التحكم في الجينات Epigentics.

وسنركز في دراستنا في هذا الفصل على دنا التشفير الذي تمت دراسته بقدر معقول من التفصيل.

مـن أجـل أن يحقق المهنـدس ذلك، بأعلى كفاءة وأبسـط بنيـة، وأكبر قدر مـن التوفير في المعلومات وفي المواد المستخدمة والطاقة اللازمة، عليه أن يأخذ في الاعتبار:

1- عدد الحروف التي تتكون منها أبجدية الشفرة.

2- عدد الحروف التي تُشَكِّل كل كلمة.

3- أن تكون الشفرة ملائمة للمتطلبات: الواقع المطلوب تنفيذه.

4- أن تكون الشفرة متوائمة مع المحددات: الفراغ - الطاقة - صلابة الوسط -...

5- أن يشتمل النظام على آليات للصيانة وتصحيح الأخطاء.

فإلى أي مدى تتوافر هذه الشروط في الشفرة الجينية التي يحملها دنا DNA الخلايا الحية؟

إن **الشـفرة الجينية** شـديدة التعقيد، ومازلنا نجهل عنها أكثر مما نعلم، و يتكشـف عنها كل يوم الجديد[1]. لذلك سنركز هنا عند الحكم على مثالية شفرة جينوم الكائنات الحية على **وظيفة الدنا DNA الخاصة بالتشـفير لبناء البروتينات**، وهو ما يطلق عليه «**الشـفرة الرباعية للتثليث Quaternary Triplet Code QTC**»، إذ تسـتخدم لغـة من أربعة حروف[2] لتكوين كلمات من ثلاثة حروف، يُطلق عليها اسم **كودون Codon**، ويقوم كل كودون بالتشفير لبناء حمض أميني معين[3]، يشارك في بناء جزيئات البروتينات.

بذلك أصبح السؤال الذي يواجهنا هنا أكثر تحديدًا، وهو: هل جاء تصميم **الشفرة الرباعية للتثليث لبناء البروتينات** على الهيئة الأكمل؟

بدراسـة تلك الشـفرة، وقياسـها على الصفات الخمس - التي ذكرناها منـذ قليل - المطلوبة للشفرة المثالية، وجدنا أن **هذه الصفات تتوافر بأقصى درجاتها في شفرة بناء البروتينات:**

1- تتكون أبجدية لغة الشفرة (4 حروف) وكذلك عدد الحروف في كل كلمة (3 حروف) مـن **أقـل عدد ممكن.** فكلما ازداد عـدد حروف الأبجدية والكلمات كلـما ازداد تعقيد

(1) أُكتشف حديثًا الهستونات وشفرات التوصيل والجدل.

(2) الحروف في الدنا DNA هي ATCG- وفي الرنا RNA تكون مثلها مع استبدال T بـ U.

(3) مثلاً، يشفر كودون AAG لبناء الحمض الأميني ليسين Lysine.

الآلـة المسـئولة عن معالجتهـا، مما يتطلب مادة أكبر و يسـمح بشـكل أكـبر بارتكاب الأخطاء.

2- تسـمح هذه الرمـوز القليلة والمحـددة **بأعلى كفـاءة** لاختيار واسـتبعاد المعلومات على المستوى الإحصائي تبعًا لنظرية شانون للمعلومات[1].

3- تسـتخدم الشـفرة **أقل كميـة من المادة، ممـا** يتيح **التخزيـن داخل الخليـة في أقل حجم ممكن.** فكلما زادت الحروف التي تعبر عن الكلمة، زادت المادة المطلوبة وازداد الفراغ المطلوب.

4- مـن أجـل تحاشي الأخطـاء العمليـة في أثناء عمليات النسـخ، اتسـمت الشـفرة **بالوفرة والسعة**[2].

5- يتسـم هذا النظام **بأعلى كفاءة لاسـتخدام الطاقة،** بدرجة لا تُقارَن بها جميع النظم التي أبدعها العقل البشري. سنناقش ذلك بالتفصيل بعد قليل.

6- ملحق بمنظومة الدنا - البروتين نظام لاكتشاف الأخطاء وتصويبها فورًا.

من ذلك نجد أن:

نظـام تشـفير (الدنا - البروتين) في الشـفرة الوراثية في الخلايـا الحية يُعتبر نظام تشفير مثاليًّا، لا يدانيه أي نظام من ابتداع الإنسان.

أكبر سعة وأعلى كثافة - وأسرع نسخ - وأقل خطأ

يتسم جزيء الدنا DNA في الخلية الحية **بأكبر سعة وأعلى كثافة** لتعبئة المعلومات عرفها الإنسـان، فكثافة السعة التخزينية لجزئ الدنا تبلغ حوالي 4 بلايين بلايين بت/مم^3، **مقارنة بشرائح السليكون** التي تبلغ كثافة سعتها التخزينية حوالي 13 ألف بت/مم^3!. و إذا تصورنا

(1) ناقشنا ذلك بالتفصيل في الفصل الرابع من الباب الثاني.

(2) فمثلاً الحمض الأميني جلوتاميك يشـفر له كودونان GAA-GAG- وتتيح هذه الوفرة والسـعة قدرًا كبيرًا من المرونة والقدرة على تصحيح الخطأ. ذلك أنه إذا تم التشفير بـ GAG بدلًا من GAA فسينتج نفس الحمض.

أننا وضعنا القرآن الكريم كله (قرابة 331000 حرف) في صفحة ورقية مساحتها 1سم^2، فإن كثافة تعبئة المعلومات في الدنا تبلغ 100 مليون مليون ضعف كثافة تعبئة المعلومات في هذه الصفحة.

و إذا تصورنا **كمية من الدنا بحجم رأس الدبوس** (قطرها 2مم)، نجدها تستوعب 25 تريليون نسخة!! من معلومات كتاب يشتمل على 189 صفحة. و إذا رصصنا هذه الكتب فوق بعضها فإنها تشغل المسافة من الأرض للقمر 920 مرة (تبلغ المسافة بينهما 384.000 كم)، و إذا وزرعنا هذه النسخ على سكان الأرض (بإحصاء 2011) يبلغ نصيب كل منهم 3600 نسخة من الكتاب.

ولما كان الدنا في الخلية البشرية يشتمل على قرابة **6 بليون حرف**، فإذا كتبنا بها كلمات بحيث تشغل كل 7 حروف بوصة واحدة، فإنها تمتد لخط يبلغ طوله 21.770 كم (أطول من المسافة بين القطب الشمالي والقطب الجنوبي). و إذا كلفنا أربعة أشخاص مهرة في كتابة الكمبيوتر يكتبون بمعدل 300 حرف في الدقيقة لمدة 8 ساعات في اليوم، لمدة 220 يومًا في السنة، فسيستغرقون 48 سنة لإنهاء المهمة.

و إذا قارنا **سرعة انقسام بكتيريا Ecoli** والتي تعكس سرعة النسخ البيولوجي للمعلومات (تنقسم الخلية كل 25-20 دقيقة) فإن البكتيريا تنسخ 472.000 حرفًا في الدقيقة، أي أن خلية واحدة تنسخ القرآن الكريم (حوالي 331.000 حرف) في قرابة الساعة والربع. ويتم ذلك باحتمال خطأ لا يتجاوز 1/مائة مليون، كأن شخصًا ينسخ 28 نسخة من القرآن ويخطئ في حرف واحد فقط.

تبين هذه الإحصائيات مدى سعة دنا DNA الخلية الحية للمعلومات، وكثافة ما يحمله من معلومات، وسرعة نسخ تلك المعلومات بأقل معدل من الخطأ. وهي معدلات لا يستطيع العقل البشري تصورها، ناهيك عن الاقتراب من تحقيقها...

سبحانك ربي...

إنها معلومات كونية

نصل الآن إلى السؤال المحوري في هذا المبحث:

هل يمثل نظام «الشفرة الرباعية للتثليث» معلومات كونية؟ أو: **هل يحمل الدنا معلومات كونية؟**

وترجع أهمية هذا السؤال، إلى أنه في حالة اعتبار معلومات الشفرة الوراثية معلومات كونية، فستنطبق عليها قوانين المعلومات الكونية (الفصل الثالث - الباب الثاني)، وكذلك الاستنتاجات التي تنبثق من هذه القوانين (الفصل الرابع - الباب الثاني)، ولعل أهم تلك القوانين والاستنتاجات هو **صدور تلك المعلومات عن مصدر غير مادي، مطلق الذكاء والحكمة والقدرة والخالقية.**

فلنتأمل هذا النظام لنتأكد من أنه تتوافر فيه السمات الأربع العليا الرئيسية المميزة للمعلومات الكونية:

1) **الشفق (الشفرة والقواعد) Cosyntax:** يحتوي الدنا في كل الكائنات الحية على **نظام تشفير** يستخدم أربعة حروف وتحكمه عدة قواعد، منها أن هناك قابلية بين كل حرفين متقابلين في سلسلتي الدنا، وأن كل ثلاثة حروف (كودون) يمثلون كلمة معينة دون مسافة بين الكلمات.

2) **المعنى Semantics: إن** كل كودون في الشفرة الوراثية له معنى، هو الحمض الأميني المقابل. وهذه **علاقة مجردة**؛ بمعنى أن ليس هناك تشابه بين بنية الكودون وبين بنية الحمض الأميني. كذلك فإن تتابع الكودونات يماثله تتابع الأحماض الأمينية في جزيء البروتين المطلوب، دون تشابه في البنية أيضًا.

3) الفعل Pregmatics: يقوم هذا النظام **ببناء البروتينات** من خلال أعقد عمليات تم رصدها في الكون، بل أننا لم نفهمها جيدًا حتى الآن.

4) الغاية Apobetics: الغاية هي **بناء البروتينات** المطلوبة لوظائف أعلى لمصلحة الخلية. وبالتالي:

يتسم نظام «الشفرة الرباعية للتثليث = نظام الدنا - البروتين» بالأربعة عناصر المميزة للمعلومات الكونية. وتبعًا للقانون الرابع والاستنتاجين الثاني والرابع[1] من نظرية المعلومات الكونية، فإن هذا النظام أنشأه مصدر غير مادي، مطلق العلم والذكاء والحكمة والقدرة والخالقية.

إن هذا **استنتاج بديهي** في ضوء نظرية المعلومات الكونية.

الطاقة والمعلومات الكونية

تمثل المعلومات البيولوجية معلومات كونية، وتتحكم في جميع العمليات الحيوية التي تتم في الكائنات الحية. وفي مجال الطاقة، تقوم هذه المعلومات بتوجيه العمليات اللازمة لمقاومة التحلل الذي يفرضه القانون الثاني للديناميكا الحرارية[2]. وتتم هذه العمليات باستخدام أقل معدلات استهلاك للطاقة، وهي عمليات دقيقة للغاية فشلت كل محاولات الإنسان لمحاكاتها في آلاته.

مع قانوني الديناميكا الحرارية

تتبع كل عمليات الطاقة في المنظومات الحية وغير الحية القانونين الأول والثاني للديناميكا الحرارية.

وينص **القانون الأول (قانون المحافظة على الطاقة)** على أن «**الطاقة الطبيعية للكون لا تفنى ولا تُستحدث**»، ومن ثم تظل طاقة أي نظام مغلق ثابتة في كل عملية كيميائية أو فيزيائية، لكنها قد تتغير من شكل من أشكال الطاقة أو المادة إلى شكل آخر.

وإذا كان القانون الأول يتناول تغير أشكال الطاقة، فإن **القانون الثاني** يحدد اتجاه عملية التغير. فهو ينص على «**إن الإنتروبيا النهائية للنظام إما تظل ثابتة أو تزيد، ويستحيل أن تقل**»،

(1) الفصلان الثالث والرابع من الباب الثاني.

(2) سنفسر ذلك بعد قليل.

والمقصود بـ «**الإنتروبيا Entropy**» هو عدم الاستقرار في النظام. وهذا يعني أن أي نظام مغلق يتجه إلى مزيد من عدم الاستقرار ما لم ينظمه منظم خارجي. وهذا القانون هو الذي يمنع الحرارة من أن تنتقل من جسم أبرد إلى جسم أسخن. ومن توابع هذا القانون، أن ما صاحب **الانفجار الكوني الأعظم من** فوضى كان ينبغي أن يتجه إلى المزيد من الفوضى، ومن ثم، فإن إنشاء الانفجار لمنظومات المجرات يعني تدخلًا خارجيًّا (الإله) قام بتنظيم الفوضى.

وقد عبر الفيزيائي النظري الألماني جوزيف ميكسنر[1] عن **العلاقة بين هذين القانونين** بقوله: في مصنع العمليات الطبيعية الهائل، يقوم مفهوم الإنتروبيا (القانون الثاني) بدور **المدير**، لأنه يحدد اتجاه وطبيعة العملية كلها، ويلعب قانون المحافظة على الطاقة (القانون الأول) وظيفة **المحاسب** المسئول عن التوازن بين الأصول والنفقات.

وبالنسبة لآلاتنا، يوجه القانون الأول عملية تحويل طاقة الوقود إلى شغل مفيد (حركة) وحرارة دون فناء أي قدر من الطاقة. ويحدد القانون الثاني نسبة كلٍ من الشغل والحرارة، ذلك أن الآلة (تبعًا للقانون) تتجه إلى تحقيق توازن حراري مع الوسط المحيط، مما يعني قدرًا ضئيلًا من الشغل وأقصى حرارة. وعادة ما تبلغ نسبة الشغل (= كفاءة الآلة) في موتور السيارات - مثلًا - 10 - 20 % من طاقة الوقود، والباقي يتم فقدانه كحرارة سببها - في المقام الأول - الاحتكاك بين أجزاء الموتور.

وسنلاحظ فيما تبقى من هذا المبحث أن **كفاءة استغلال الطاقة في شغل مفيد في الكائن الحي أعلى كثيرًا مما يسمح به القانون الثاني للديناميكا الحرارية.** إن ذلك ليس خرقًا للقانون، لكن الإله قد تفادى القانون (لا تتوافر شروط تطبيقه) بأن **أمد العضلات بنظام ذاتي يحول الطاقة الكيميائية إلى شغل ميكانيكي بشكل مباشر دون الحاجة إلى عمليات الاحتراق.** وبديهي أنه يتم إلزام الخلايا بهذا النظام عن طريق **المعلومات البيولوجية.**

الطاقة في النظم البيولوجية

يحتاج الكائن الحي إلى الطاقة بشكل مستمر للقيام بوظائفه الحيوية، مثل بناء الجزيئات

(1) Josef Meixner (1908 - 1994).

العضويـة وتجديد الخلايـا والتكاثر والحركة والاغتذاء والإخـراج والتحكم في درجة حرارة الجسـم، وغيرها. وتحتاج العمليات الحيوية في الخليـة الحية إلى حرارة ثابتة في الكائنات ذوات الـدم الحار، لذلك تهتم النظم الحية بتفـادي إنتاج حرارة مرتفعة، وتحقق ذلك من خلال تعظيم كفاءة استغلال الطاقة، أما الكائنات ذوات الدم البارد فتستطيع إتمام عملياتها الحيوية في مدى أوسع من درجات الحرارة.

ولمـا كانت نظم حرق الوقود المسـتخدمة في آلاتنـا تنتج قدرًا هائلًا مـن الحرارة، كان من المسـتحيل اسـتخدام هذه النظـم في الكائنـات الحية، وكان البديـل هو اللجـوء إلى العمليات الكيميائية[1].

ويمكـن تلخيص سـمات **نظام إمداد الطاقـة الكيميائي في الكائنات الحيـة**، والتي تميزه عن نظمنا الآلية، فيما يلي:

1) تتم عمليات إنتاج الطاقة في إطار حرارة ثابتة، ويتم ذلك من خلال عمليات كيميائية متتالية، وقد حقق ذلك التغلب على سلبيات أساليبنا التكنولوجية لإنتاج الطاقة: **(حرارة مُثلى)**.

2) تـم تخصيص عُضيـات صغيرة للغايـة (الميتوكوندريا) لإنتاج الطاقـة، حتى تتفرغ باقي أجزاء الخلية لمهامها الأخرى: **(حجم أصغر أمثل)**.

3) تحتوي كل خلية من بين العشر تريليونات خلية في جسم الإنسان (وأيضًا بقية الكائنات) عـلى محطة الطاقـة الخاصة بها (ميتوكوندريـا). وتختلف كمية الوقـود التي تنتجها هذه المحطات (جزيء الـ ATP) تبعًا لاحتياجات كل خلية: **(توفير أمثل للطاقة)**.

4) تبلغ كفاءة العمليات الكيميائية لإنتاج واستهلاك الطاقة في الخلايا الحية 91 %، مقارنة

(1) تبـدأ عمليات إنتاج الطاقة في الخلايا الحية بدخول جزيئات السـكر (كالجلوكوز) إلى الخلية، ويتم تكسـيرها عبر تفاعلات عديدة متتالية مضبوطة بدقة. ويكون الناتج هو جزيء ATP، وهو مجموعة من النيكلوتايدات التي تحوي أدينين وسكر الريبوز اليميني ومجموعة فوسفات. ويتم كيميائيًّا تحويل جزء من الطاقة التي يحملها جزيء الـ ATP إلى عمليات ميكانيكية وبنائية وأسموزية. ويتم ذلك بأن يفقد جزيء الـ ATP مجموعة واحدة من الفوسفات ليصبح ADP. ويوجه هذه الخطوات الكيميائية الوسيطة العديدة المعقدة للغاية (دورة ADP-ATP) مجموعة متخصصة من الإنزيمات. وبالإضافة إلى هذا المسار الأعم للطاقة البيولوجية هناك عمليات أخرى شديدة الدقة مسئولة عن تحولات الطاقة داخل الخلية الحية.

بـ 10 - 20 % في الآلات التي صنعها الإنسان. و إذا كان المصباح الكهربائي يحول 3 - 4 % من الطاقة التي يستخدمها إلى ضوء (تصل إلى 15 % مع اللمبات الفلورسنت)، فإن الكائنات الحيوانية المضيئة (كبعض الديدان والحشرات الأرضية والبحرية) تصل كفاءة استغلالها للطاقة 95 %: (**كفاءة مثلى**).

ومن ثم، فـ

إن نظام إنتاج الطاقة في الخلية الحية يمارَس -عن طريق المعلومات- ببراعة، لا يملك تجاهها مهندسو الطاقة إلا الفرجة والانبهار بما يتسم به من الجمع بين الكفاءة العالية للغاية وبين التصغير الرهيب، ذلك بالرغم من أن هذه العمليات البيولوجية تتم في إطار قوانين الفيزياء والكيمياء التي يدركها ويتعامل بها الإنسان!.

ومن أجل أن يخترع المصممون لآلاتنا المنظومة التي تعمل بشكل مثالي عليهم أن يلموا بتلك القوانين وتطبيقاتها وأن يستخدوا موهبتهم وذكاءهم. ولا شك أن نفس القاعدة تنطبق على مصمم آلاتنا البيولوجية، إذ ينبغي أن **يجمع بين معرفة القوانين وبين الحكمة المطلقة**. ولا شك أن **هذا المصمم قد أمد خلايانا بالبرامج اللازمة لتطبيق إبداعاته تلك من خلال منظومة المعلومات البيولوجية الكونية.**

مع الطيور المهاجرة

يمثل طيران الطيور ظاهرة مدهشة، إذ يشتمل على سلوكيات مبهرة تستخدم آليات لا يمكن محاكاتها بتقنياتنا البشرية. **فأجنحة الطيران** تم تصميمها بطريقة مثالية متخصصة للغاية تبعًا لأدق ديناميكيات الطيران، ومن تلك الآليات المهمة تقويسات الأجنحة التي بدونها لا يطير الطائر. و إذا كانت الطائرات تعتمد على حد أدنى من سرعة الهواء لتظل مرفوعة عن الأرض، فإن حركة الأجنحة المقوسة للطيور تجمع بين الرفع لأعلى والدفع للأمام. و يتم ذلك بكفاءة لم يمكن محاكاتها بتقنياتنا حتى الآن.

ولا شـك أن دقة تصميم **أجنحة الطيور** كانت من أهم عوامل نجاح إحدى أكثر الظواهر غموضًا وحيرة في علوم البيولوجيا، وهي **هجرة الطيور**. وسـنقوم بمناقشة هذه الظاهرة العجيبة من خلال جانبين: حسابات الطاقة الدقيقة، والعمليات الملاحية الدقيقة.

أ) حسابات الطاقة الدقيقة

لتوفـير احتياجات رحلة الهجـرة الطويلة من الطاقة، تَحَتَّم على الطيـور المهاجرة أن تحمل **مخزونًـا كافيًا من الوقود** على هيئة دهون لتسـتطيع إتمام رحلتها. ولتحقيـق ذلك، ينبغي - طبعًا - أن يكون الطائر خفيف الوزن قدر المسـتطاع، كما ينبغي أن يتم اسـتهلاك الطاقة بأسلوب مثالي.

كيف تحقق للطائر **اختزان الوقود ثقيل الوزن دون التأثير على كفاءة الطيران؟!**

لقـد تم حل هذه المعضلة من خـلال توازن دقيق بين عاملين حرجـين؛ هما سرعة الطيران ومركز الثقل:

1) ينبغي أن تكون **سرعة الطيران** مثالية اقتصاديًّا، فإذا حلق الطائر ببطء احتاج إلى طاقة أكبر ليظل معلقًا في الهواء، وإذا طار بسرعة زائدة احتاج إلى طاقة أكبر ليتغلب على احتكاك الهواء. لذلك هناك **سرعة مثلى** لكل طائر بين هاتين السرعتين، تحقق الاستهلاك الأمثل للطاقة، وتعتمد على ديناميكيات الهواء بالنسـبة لجسـمه وجناحيه. وتبلغ هذه السرعة - مثلًا - 45 كم/الساعة عند طائر النورس الضاحك، و41.6 كم عند طائر الدَّرَّاء. ويلتزم كل طائر في هجرته بالسرعة المثالية لتوفير الطاقة، ولا زلنا لا نعرف **كيف يتعرف الطائر على هذه السرعة المثلى؟!**

2) تحرص الطيور الكبيرة على حفظ **مركز ثقلها** في موضع محدد دائمًا داخل أجسامها بالرغم مـن تغير هذا المركز مـع ضربات أجنحتها الكبـيرة، ويتم ذلك من خـلال **تناغم عضلي مبهر** تشـارك فيـه جميع عضلات الطائر. فـالإوزة البرية - مثلًا - التي تـزن 8 كليوجرامات، كانت سـتحتاج إلى 2.4 چـول (0.574 كالوري) إضافيـة من الطاقة مع كل ضربة جنـاح، إذ يرتفع مركز ثقلها وينخفض مع كل ضربة بمقدار 3سم، ولتحاشي ذلك يجب تصحيح التغير في مركز الثقل، ولو لم يتم ذلك لاحتاجت الإوزة كل 100 ألف ضربة جناح إلى 240 كيلوچول إضافية من الطاقة، كانت ستُلزم الطائر بأن يحمل ستة جرامات إضافية من الدهون.

بعد استيعاب هذين العاملين، فلندرس استهلاك الوقود في أثناء إحدى رحلات هجرة الطيور: فلنتأمل الآن **رحلة هجرة طائر الزقزاق الذهبي الباسيفيكي Pacific golden Plover (Pluviolis Fulva).**

- تهاجر هذه الطيور خلال فترة الشتاء القارس من آلاسكا إلى هاواي - وهي رحلة فوق المحيط تقطعها دون توقف لمسافة 4500 كم.
- في أثناء الرحلة، يضرب الطائر بجناحيه دون توقف 250.000 ضربة على مدى 88 ساعة. ويبدأ الطائر الرحلة ووزنه 200 جم، منها 70جم من الدهون يختزنها كوقود، ويحرق أثناء طيرانه 0.6 % من وزنه كل ساعة. معنى ذلك أن الطائر سيحرق في الساعة الأولى 1.2جم من الدهن، وفي الساعة الثانية يصبح أخف وزنًا بهذا القدر، لذلك سيحتاج طاقة أقل قليلًا، وكذلك في الساعة الثالثة. وهكذا...

تبين الحسابات الدقيقة أن الطائر سيحتاج في رحلته إلى 82 جم من الدهون، بينما هو لا يحمل غير 70جم تكفيه لمدة 72 ساعة وليس 88 ساعة. فمن أين يأتي الطائر بالطاقة الإضافية المطلوبة؟

- إن السر يكمن في هجرة الطائر في جماعات على هيئة حرف V، ففي هذا التشكيل توفر كل الطيور - باستثناء الأول - 23 % من طاقتها، نتيجة لتيارات الهواء الرافعة. ومن ثم تصل بأمان إلى مقرها الشتوي.

وما ذنب القائد؟ ومن أين يأتي بالوقود الإضافي؟ إن السرب يغير قائده كل مسافة، ومن ثم لا يستهلك القائد كل مخزونه.

- تبين الحسابات أنه سيتبقى للطائر 6.8 جم من الدهون. هل حملها الطائر دون لزوم؟!

لا، إنها احتياطي للتعامل مع أية رياح غير مواتية.

- إن معدل استهلاك الطائر للوقود بالنسبة لوزنه/ الساعة (0.6 %) منخفض للغاية،

أقل من الطائرة الهليكوبتر الذي يصل معدل استهلاكها للوقود 4 - 5 %، وفي الطائرة النفاثة يصل إلى 12 %.

سبحانك ربي

ب) العمليات الملاحية الدقيقة

كتب عالم الطيور الدانماركي فن سالومونسين[1] في وصف هجرة الطيور قائلًا:

«إن قدرة الطيور على أن تجد طريق هجرتها هي من أكثر الأساطير إلغازًا، وربما لا توجد في العلم إلا مشكلات قليلة تساويها في التعقيد».

إن هذه **القدرة الملاحية تمثل أعجوبة نادرة**، ذلك أن الطيور -بقدر علمنا- ليس لديها أجهزة قياس ملاحية، ولا بوصلات، ولا خرائط، ولا معرفة بالظروف البيئية؛ كموقع الشمس واتجاه الرياح وتوزيع السحب، وهي ظروف تتغير مع تبادل الليل والنهار.

وعندما يكون على الطيور الأرضية أن تعبر المحيط، كما رأينا مع الزقزاق الذهبي، فإن خطأً بسيطًا في الاتجاه في أي وقت من الرحلة كفيل بضياعها فوق المحيط وهلاكها. ومن ثم فالاهتداء إلى الطريق السليم لا يتحقق بالمحاولة والفشل. والأرجح جدًا أن معظم الطيور إذا تُركت للصدفة ستفقد طريقها، وأن نسبة ضئيلة للغاية ستصل للهدف، وهي نسبة لا تمكنها من المحافظة على النوع.

افترض البعض أن الطيور الصغيرة عرفت الطريق **من صحبة والديها**، وهذا يكذبه أن الطيور الصغيرة تغادر آلاسكا بعد أسابيع قليلة من هجرة الكبار[2]!

ليس هناك مفر من الإقرار بأن الطيور المهاجرة لديها **حس غريزي للتوجه**، يُمكِّنها من أتباع طريق الهجرة الصحيح طوال الرحلة، وهو الطريق الذي يختلف من نوع لآخر من

(1) Finn Salomonsen (1909 - 1983)

(2) لعل من الأمثلة المشابهة المثيرة للدهشة والحيرة، هجرة ثعبان البحر. فالكبار تسير في نهر النيل لتصل إلى البحر المتوسط ومنه إلى المحيط الأطلنطي، وتعبر المحيط حتى تصل إلى شرق أمريكا حيث تضع الإناث البيض وتموت هناك. أما الصغار فتعود في عكس رحلة الكبار لتستقر حيث خرجت أمهاتها.. سبحانك ربي.

طيور نشـأت معًا، فكل نوع يتجه وجهة خاصة. وقد أُجريت تجارب لتضليل الطيور بحملها على سفن إلى مناطق نائية في المحيط، فإذا بها تعثر على خطها الملاحي وتتجه إلى هدفها.

ويعلق سالومونسـين على أعجوبـة هجرة الحمام المنزلي قائلًا: «عندمـا نقلنا طيور الحمام بعـد تخديرهـا وحملناها بعيدًا، فإنها بعد الإفاقة طارت إلى أعشاشـها، لذلـك نجزم بأن هذه الطيور لديها قدرة خاصة على تحديد موقعها الجغرافي، إن **لديها حسًـا ملاحيًّا حقيقيًّا. وليس لدينا أدنى فكرة عن طبيعة هذا الحس ولا نعرف العضو المسئول عنه**».

إن لهـذه الطيور **قدرات اسـتثنائية**؛ فهي تسـتطيع العـودة إلى بيوتها عبر مسـافات طويلة بالرغـم مـن كل **محاولات تضليلهـا**، فأينما يتم إطلاقهـا فلديها القدرة المدهشـة للحصول على المعلومـات المطلوبة من البيئة لتحديد موضعها بالنسـبة إلى بيوتها الأصلية. وبعد التعرف على موضعها تبدأ المشـكلة الحقيقية، فمجرد معرفة الموضع غير كاف لرحلة العودة! فأثناء الهجرة فوق المحيطات الشاسـعة، على الطيور أن تراعي ما تسـببه الرياح من انحرافات في مسـارها، وينبغي **تصحيح أي انحراف أولًا بأول** حتى لا تضيع طاقتها هباء.

إذا لم تكن ممن يدركون أن **هذه الهجرات تمثل معجزات إلهية** فإنك سـتواجه عدة أسـئلة لا إجابة لها:

- ❐ كيف يعرف الطائر السرعة المثلى؟
- ❐ كيف يعرف الطائر احتياجاته من الوقود؟
- ❐ كيف يحدد الطائر كميات الغذاء التي يحتاج إليها لتوفير الوقود؟
- ❐ كيف يعرف الطائر مسافة رحلته ومعدل استهلاكه للطاقة؟
- ❐ كيف يتعلم الطائر أن يطير في تشكيلات على هيئة حرف V ليوفر احتياجاته من الوقود؟
- ❐ كيف يلتزم السرب بتغيير قائدة كل مسافة؟
- ❐ كيف يعرف الطائر مكان الهجرة؟
- ❐ كيف يعرف الطائر طريقه في الرحلة ليصل إلى مقره الشتوي؟

إن كنت من المؤمنين بعقيدة التطور البيولوچي العشوائي، قد تقول: فقط الطيور التي لديها الاحتياطي الكافي من الدهن ستصل إلى مقصدها، كذلك فإن بعضها اختار الطريق الصحيح بالصدفة فوصل إلى غايته.

في مواجهة هذه الافتراضات الوهمية نقول؛ لقد نسي هؤلاء أن **الرحلة لا تنجح إلا إذا التزم الطائر بكل الآليات السابقة مجتمعة، كذلك نؤكد أن معظم الطيور تصل سالمة.**

المعلومات فارس الهجرة

تبعًا لنظرية التطور، تطورت الطيور من الزواحف. وفي الباب الثاني، رفضنا التطور العشوائي اعتمادًا على القوانين العلمية للمعلومات الكونية. وهنا نطرح مبررًا آخر **لرفض عشوائية التطور** انطلاقًا من هجرة الطيور.

حتى لو افترضنا أن التطور العشوائي استطاع أن ينتج طيورًا مزودة بجهاز طيران (أجنحة وذيل من الريش) فإن هذه الطيور لن تكون قادرة على الهجرة؛ لأنها ستحتاج **برنامج ملاحي** (معلومات بيولوجية كونية) في مخاخها يُمكنِّها من القيام بكل المهمة.

لقد تم تزويد الطيور بـ «**جهاز طيران تلقائي Autopilot**»، دقيق للغاية، قادر على تحديد الموقع الحالي ومقارنته مع الموطن المبرمج داخلها، وفي نفس الوقت يضمن أسرع الطرق وأكثرها توفيرًا للطاقة للوصول إلى الهدف. لا ندري حتى الآن موضع هذا الجهاز ولا نعرف كيف تُشَفَّر وتُعالج معلوماته ولا نعرف أصله في الزواحف التي تطور عنها عشوائيًّا. وحين نصف هذا الجهاز **بالغريزة** فإننا في الحقيقة نستخدم اصطلاحًا غامضًا يستر جهلنا. ومن ثم:

> **إذا كان التطور العشوائي قادرًا على توفير كل الظروف الفيزيولوجية (الوظيفية) الملائمة للجسم المادي للطائر، فإن هذه العملية المادية لن تكون قادرة على إبداع المعلومات الكونية اللازمة للهجرة التي تحتاج إلى مصدر غير مادي، مطلق العلم والذكاء والحكمة والقدرة والخالقية.**

لقد أثبتنا في هذا الفصل أن ظاهرة الحياة ظاهرة معلوماتية، وأثبتنا في ضوء قوانين المعلومات

الكونيـة، وأيضًا بمعزل عنها، احتياج هذه الظاهرة إلى الإلـه الخالق. وقد قمنا بذلك من خلال دراسة ثلاث وظائف معلوماتية للكائنات الحية؛ وظيفة بنائية متمثلة في بناء البروتينات، ووظيفة تشغيلية تحكم استهلاك الكائن الحي للطاقة، ووظيفة سلوكية تتمثل في هجرة الطيور.

والآن تكتمـل الدائـرة مع ما طرحنـاه في الباب الثاني، حيث بَيَّنَا احتيـاج إبداع المعلومات الكونيـة اللازمـة لنشـأة الكون والحيـاة إلى مبدع غير مـادي مطلق العلم والـذكاء والحكمة والقدرة والخالقية.

القارئ الكريم

إن السؤال المحوري الذي يعنينا في هذا الفصل هو؛ هل يمكن اعتبار المعلومات التي يحملها الدنا بمثابة معلومات كونية، تنطبق عليها القوانين العلمية والاسـتنتاجات الخاصة بالمعلومات الكونيـة، والتـي أهمهـا احتياج هـذه المعلومـات إلى مصدر غير مـادي مطلق العلـم والذكاء والحكمة والقدرة والخالقية.

لقد ثبت أن **نظام «الشـفرة الرباعية للتثليث= نظام الدنا - البروتين» في الخلية الحية يتسـم بالأربعة عناصر المميزة للمعلومات الكونية.**

كما ثبت أن نظام إنتاج الطاقة في الخلية الحية يمارَس ببراعة، لا يملك تجاهها مهندسوا الطاقة إلا الفرجة والانبهار بما يتسـم به من الجمع بين الكفـاءة العالية للغاية وبين التصغير الرهيب، ذلك بالرغم من أن هذه العمليات البيولوجية تم في إطار قوانين الفيزياء والكيمياء التي يدركها ويتعامل بها الإنسان!.

كذلـك ثبت أنه إذا كان التطور العشـوائي قادر على توفـير كل الظروف الفيزيولوجية (الوظيفية) الملائمة لطيران الطيور، فإن هذه الظروف المادية غير قادرة على إبداع المعلومات الكونية اللازمة لمعجزة هجرة الطيور.

بذلـك أثبتنـا أن ظاهرة الحياة ظاهرة معلوماتيـة، تحتاج إلى الإله الخالق. وقـد قمنا بذلك من خلال دراسـة ثلاث وظائف معلوماتية للكائنات الحية؛ وظيفة بنائية متمثلة في بناء البروتينات، ووظيفة تشغيلية تحكم استهلاك الكائن الحي للطاقة، ووظيفة سلوكية تتمثل في هجرة الطيور.